

⑤

Int. Cl. 2:

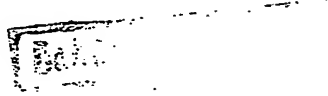
B 24 B 49-16

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT



DT 25 37 630 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 25 37 630

⑫

Aktenzeichen: P 25 37 630.1

⑫

Anmeldetag: 23. 8. 75

⑬

Offenlegungstag: 11. 3. 76

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

3. 9. 74 Japan 101241-74

25. 10. 74 Japan 123801-74

28. 10. 74 Japan 124129-74

⑤

Bezeichnung: Schleifverfahren und Schleifgerät

⑦

Anmelder: Seiko Seiki K.K., Narashino, Chiba (Japan)

⑦

Vertreter: Endlich, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8034 Unterpfaffenhofen

⑦

Erfinder: Tatsumi, Youji, Funabashi, Chiba (Japan)

DT 25 37 630 A1

DIPL.-PHYS. F. ENDLICH  
PATENTANWALT

D-8034 UNTERPFAFFENHOFEN  
POSTFACH

TELEFON (MÜNCHEN) 84 36 38  
PHONE

TELEGRAMMADRESSE: PATENDLICH MÜNCHEN  
CABLE ADDRESS:

DIPL.-PHYS. F. ENDLICH, D-8034 UNTERPFAFFENHOFEN, POSTFACH

TELEX: 52 1730

S-3787

13. August 1975 D/bö

Seiko Seiki Kabushiki Kaisha,  
3-1, 4-chome, Yashiki Narashino-shi,  
Chiba / Japan

---

Schleifverfahren und Schleifgerät

---

Die Erfindung betrifft ein Schleifverfahren gemäss dem Oberbegriff des Hauptanspruchs und ein Schleifgerät, insbesondere zur Durchführung desselben gemäss dem Oberbegriff des Hauptvorrichtungsanspruchs.

Es sind Schleifverfahren bekannt, bei denen der Vorschubtisch, der das Werkstück trägt, mit einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit in Richtung auf dem Schleifkopf bewegt wird, wonach über eine erwünschte Zeitdauer ein Ausfeuern aufrecht erhalten wird. Das Werkstück wird hierdurch auf den erwünschten Durchmesser in einer Innenschleifmaschine geschliffen, und zwar bei konstantem Vorschub.

Bei diesem Schleifvorgang, bei dem eine konstante Vorschubgeschwindigkeit beibehalten wird, nimmt jedoch die Geschwindigkeit, mit der eine Materialentfernung erfolgt, ab, wenn der Schleifkopf bzw. das Schleifrad bzw. die Schleifscheibe zunehmend stumpfer wird. Das Schleifverhalten wird somit proportional zum Stumpferwerden des Schleifwerkzeuges herabgesetzt. Für den konstanten Vorschub wird zunehmend eine grössere Kraft erforderlich, die über einen vernünftigen Wert ansteigen kann. Auch die Oberflächenrauigkeit und die Zylindrizität des Werkstücks werden schlechter.

609811/0293

Bei den herkömmlichen Verfahren erfolgt daher jeweils eine Nachbehandlung des Schleifrads bzw. des Schleifkopfs bzw. der Schleifscheibe, nachdem eine im vorhinein festgelegte Anzahl von Werkstücken geschliffen ist, was mittels eines entsprechenden Zählers festgestellt wird. Diese Zahl wird entsprechend den Unterschieden im Schleifkopf, dem Material des Werkstücks, dem Schleifzustand oder der angestrebten Feinheit des Schleifvorgangs variiert. Eine Abweichung des Werkstückdurchmessers nach einem fortgeschrittenen Vorgang oder eine Abweichung im Schleifkopf führt vielfach dazu, dass der Schleifkopf rascher stumpf wird, als dies im vorhinein berechnet wurde. Der Schleifvorgang wird somit mit einem stumpfen Schleifwerkzeug fortgesetzt, bis die im vorhinein festgelegte Anzahl von Schleifvorgängen zu Ende gebracht ist. Hierdurch wird die Qualität des Schleifvorgangs herabgesetzt.

Umgekehrt kann es vorkommen, dass ein Schleifwerkzeug nach einer vorbestimmten Anzahl von Schleifvorgängen noch scharf ist und ein gutes Schleifvermögen aufweist, so dass das Schleifwerkzeug vorzeitig bzw. zu oft nachbearbeitet wird, was dessen Lebensdauer verkürzt. Dies führt des weiteren dazu, dass die Betriebsgeschwindigkeit der Schleifmaschine herabgesetzt wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die vorstehend erwähnten Fehler und Nachteile zu vermeiden. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch das Schleifverfahren gemäss dem Gegenstand des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen dieses Verfahrens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung bezweckt des weiteren die Schaffung einer Schleifmaschine, insbesondere zur Durchführung dieses Verfahrens. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Hauptvorrichtungsanspruchs gelöst. Besonders vorteilhafte Weiterbildungen dieser Vorrichtung sind in den Untervorrichtungsansprüchen beschrieben.

Mit der Erfindung gelingt eine Steuerung der Schleifbedingungen, wie beispielsweise der Vorschubgeschwindigkeit auf einer Schleifmaschine entsprechend den sich ändernden Zuständen bzw. Phäno-

menen während des Schleifprozesses.

Mit der Erfindung wird somit ein Schleifverfahren geschaffen, bei dem die Geschwindigkeit der Materialentfernung gesteuert wird und bei dem man eine überlegene Zylindrizität und Rundheit des geschliffenen Werkstücks erhält.

Mit der Erfindung werden des weiteren ein Schleifverfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung desselben geschaffen, bei denen eine Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung erfolgt, wobei eine geeignete Vorschubgeschwindigkeit für den Schleifkopf bzw. das Schleifrad bzw. die Schleifscheibe derart aufrecht erhalten bleibt, dass die Schleifscheibe bzw. das Schleifrad bzw. der Schleifkopf nach einer Nachbehandlung sein Schleifvermögen über eine lange Zeitdauer aufrecht erhält, wobei eine zu oft durchgeführte Nachbehandlung des Schleifkopfs bzw. des Schleifrads bzw. der Schleifscheibe vermieden wird.

Mit der Erfindung werden des weiteren ein Schleifverfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung desselben geschaffen, bei denen eine Kombination von einer Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung und eine Restmaterialentfernungssteuerung stattfindet, wobei sowohl ein guter Wirkungsgrad für den Schleifvorgang mit kurzen Schleifzyklen und ein präziser Feinschliff an dem Werkzeug erreicht werden.

Mit der Erfindung werden schliesslich ein Schleifverfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung desselben geschaffen, die eine Kombination einer Geschwindigkeitssteuerung für die Materialentfernung und einer Verhältnissteuerung der Vorschubgeschwindigkeit zur Werkstückumlaufgeschwindigkeit aufweisen, wobei man an dem Werkstück sowohl eine überlegene Oberflächenrauhigkeit, als auch eine gute Zylindrizität und Rundheit erhält.

Wesentliche Merkmale der Erfindung sind somit in einem Schleifverfahren und einer Vorrichtung zur Durchführung desselben zu sehen, bei denen die Materialentfernung von dem Werkstück kon-

tinuierlich oder intermittierend während eines Schleifvorgangs gemessen und mit vorbestimmten, als Programm festgelegten Materialentfernungswerten verglichen wird, wobei die Differenz zwischen der tatsächlichen Materialentfernung gegenüber dem programmierten Wert eine Steuerung von einer Antriebsvorrichtung des Vorschubtisches bewirkt, welche dazu führt, dass diese Differenz aufgehoben bzw. ausgeglichen wird.

Bei dem erfindungsgemässen Schleifverfahren und Schleifgerät erfolgt eine Steuerung der Geschwindigkeit, mit der eine Materialentfernung vom Werkstück erfolgt, zumindest während des Feinschleifvorganges auf vorbestimmte Werte. Die Materialentfernung wird von einem Detektor gemessen, der die Grösse während des Schleifvorganges selbst feststellt, wobei der erhaltene Wert mit im vorhinein festgelegten Werten direkt oder indirekt verglichen wird, nachdem eine Umrechnung in die Materialentfernungsgeschwindigkeit stattgefunden hat. Die Abweichung der Materialentfernung von dem vorbestimmten Wert bewirkt eine Steuerung der Vorschubbewegung des Vorschubtisches bzw. Vorschubschlittens, der einen relativen Vorschub zwischen dem Schleifkopf und dem Werkstück bewirkt.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind aus beiliegender Zeichnung ersichtlich.

Figur 1 zeigt ein Blockdiagramm mit einer teilperspektivischen Darstellung von einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 zeigt im Diagramm den Vorschub, die tatsächliche Materialentfernung und die Kraft des Schleifvorgangs in Abhängigkeit von der Zeit bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform;

Figur 3 zeigt im Blockdiagramm eine weitere Ausführungsform der Erfindung;

Figur 4 zeigt in Diagrammform den Vorschub und die tatsächliche Materialentfernung in Abhängigkeit von der Zeit für die in Figur 3 dargestellte Ausführungsform;

Figur 5 zeigt in Form eines Blockdiagramms eine dritte bevorzugte Ausführungsform der Erfindung;

Figur 6 zeigt in Form eines Diagramms den Vorschub und die tatsächliche Materialentfernung in Abhängigkeit von der Zeit für die in Figur 5 dargestellte Ausführungsform.

Im folgenden wird zunächst auf Figur 1 eingegangen. Figur 1 zeigt eine spitzenlose Innenrundscheifmaschine, bei welcher das erfindungsgemäße Verfahren zur Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung zur Anwendung kommt. Bezugszeichen 1 zeigt schematisch die spitzenlose Innenrundscheifmaschine mit dem Bett 2. Auf dem Bett ist ein Schleifwerkzeugetisch bzw. Support 3 angebracht, der in axialer Richtung einer darauf befindlichen Schleifscheibenspindel 4 gleitend verschieblich ist. Auf dem Bett 2 ist des weiteren ein Werkstücksupport 5 befestigt. Auf dem Schleifwerkzeugetisch 3 ist horizontal und senkrecht zur Schleifscheibenspindelachse gleitend verschieblich ein Vorschubschlitten 6 gehalten, der einen in der Zeichnung nicht dargestellten Werkstückspindelkopf trägt. Auf dem Bett 2 ist des weiteren ein Servomotor 7 befestigt, der die Vorschubbewegung des Vorschubschlittens 6 bewirkt. Der Werkstückspindelkopf hält drehbar in seiner Spindel ein Werkstück W.

Mit dem Bezugszeichen 8 ist ein Detektor bezeichnet, der eine Messung während des Schleifvorganges durchführt und kontinuierlich den Innendurchmesser des Werkstücks W misst, während dieses geschliffen wird. Das Ausgangssignal des Detektors 8 wird einer Betriebs- bzw. Operationsschaltung 9 zugeführt. Ein Drehzahlmesser 10 ermittelt die Umdrehungen des Werkstücks W und erzeugt ein entsprechendes Ausgangssignal, das er einem Abtasttaktimpulsgenerator 11 zuleitet. Die von dem Abtasttaktimpulsgenerator 11 erzeugten Taktimpulse werden ebenfalls der Operationsschaltung 9 zugeführt. Die Taktimpulse wirken als Torimpulse für die vom Detektor 8 kommenden Signale in der Operationsschaltung 9, und zwar derart, dass ein Signal von dem Detektor 8 bei einem ersten Taktimpuls von einem anderen Signal bei einem zweiten Taktimpuls subtrahiert wird. Es wird daher von den Ausgangssignalen des Detektors 8 und des Taktimpulsgenerators 11 die Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta I$  von dem Innendurchmesser für eine Werk-

stückumdrehungszahl berechnet und einem Differentialverstärker 12 zugeführt. Der Differentialverstärker 12 empfängt des weiteren einen Wert für die Materialentfernungsgeschwindigkeit, der von einer Einstelleinrichtung 14 eingestellt und über einen Auswahl Schaltkreis 13 zugeführt wird. Das Ausgangssignal des Differentialverstärkers, das der Differenz von dessen beiden Eingangssignalen proportional ist, wird einem Servosteuermechanismus 15 zugeführt, welcher den Servomotor 7 für den Vorschub steuert, um eine geeignete Vorschubgeschwindigkeit für den Vorschubschlitten 6 derart aufrecht zu erhalten, dass das Ausgangssignal des Differentialverstärkers 12 gegen Null geht.

Der Servosteuermechanismus 15 wirkt als Verstärker. Er empfängt des weiteren die Ausgangssignale von Schmidt-Triggerschaltungen 16, welche ihrerseits ein Ausgangssignal des Detektors 8 erhalten. Von einer der Schmidt-Triggerschaltungen 16 wird ein Ausgangssignal  $P_1$  erzeugt, wenn dieser ein die Grösse anzeigendes Signal empfängt, welches einem ersten im vorhinein festgelegten Innendurchmesser des Werkstücks entspricht. Ein weiteres Ausgangssignal  $P_2$  wird erzeugt, wenn eine andere Schmidt-Trigger-schaltung ein Signal über die Grösse empfängt, welches einem zweiten vorbestimmten Innendurchmesser entspricht. Das Ausgangssignal  $P_1$  schaltet den Servosteuermechanismus 15 derart um, dass der Eingangsanschluss, welcher das Ausgangssignal des Differentialverstärkers empfängt, unterbrochen wird und der Vorschub des Vorschubschlittens 6 beendet wird. Das Ausgangssignal  $P_2$  schaltet den Servosteuermechanismus 15 auf Schnellerücklauf um, so dass der Vorschubschlitten 6 einen Schnellerücklauf durchführt, was in Figur 2 dargestellt ist.

Das Bezugszeichen 17 bezeichnet einen Stromverbrauchdetektor, der den Stromverbrauch am Spindelmotor der Schleifscheibenspin-del 4 feststellt. Dieser Stromverbrauch ist der beim Schleifen tangential auftretenden Kraft proportional. Das Ausgangssignal des Stromverbrauchdetektors 17 wird einer Vergleichsschaltung 19 zugeführt, welche des weiteren von einer Stromverbrauchs-werte-Einstelleinrichtung im vorhinein festgelegte Stromverbrauchs-werte erhält. Ein Ausgangssignal  $F_0$  der Vergleichs-

schaltung 19 wird dem Auswahl Schaltkreis 13 als Schaltsignal zugeführt. Ein weiteres Ausgangssignal  $F_M$  wird dem Detektor 8 als Startsignal zugeführt.

Beim Betrieb der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird zunächst die Schleifscheibenspindel 4 in Richtung auf das Werkstück W bewegt, wobei ein Schleifwerkzeug 4a, beispielsweise ein Schleifkopf, ein Schleifrad oder eine Schleifscheibe in die Bohrung des Werkstücks W eingeführt wird. Anschliessend treibt der Servosteuermechanismus 15 den Servomotor 7 an, so dass dieser den Vorschubschlitten 6 verschiebt.

Figur 2 zeigt ein Diagramm, aus dem hervorgeht, dass während des ersten Schritts die Vorschubgeschwindigkeit des Vorschubschlittens 6 konstantgehalten wird. Wenn die Innenwandung des Werkstücks W in Berührung mit dem Schleifwerkzeug 4a tritt und die Scheibenachse, welche das Schleifwerkzeug 4a trägt, an ihrer Oberseite etwas abgebogen wird, so dass das Schleifwerkzeug 4a mit dem Schleifen des Werkstücks W beginnt, nimmt hierdurch allmählich die Schleifkraft zu, wie dies von der Kurve I in Figur 2 dargestellt ist. Die allmähliche Zunahme der Schleifkraft erhöht den Stromverbrauch des Schleifscheibenspindelmotors. Wenn der tatsächliche Stromverbrauch einen Wert  $F_M$  erreicht, der von der Stromverbrauchswerte-Einstelleinrichtung 18 vorbestimmt ist, wird ein Ausgangssignal  $F_M$  dem Detektor 8 zugeführt, so dass dieser mit seiner Grössenmessung beginnt. Das vom Detektor 8 gelieferte Signal wird kontinuierlich der Operationsschaltung 9 zugeführt und zu einer Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta I$  mit Hilfe der Taktimpulse umgerechnet, die von dem Taktimpulsgenerator 11 kommen.

Der Differentialverstärker 12 empfängt die Geschwindigkeit  $\Delta I$  sowie einen ersten im vorhinein eingestellten Geschwindigkeitswert  $\Delta_0$ , der von der Einstelleinrichtung 14 über den Auswahlschaltkreis 13 zugeführt wird. Die tatsächliche Geschwindigkeit  $\Delta I$  wird mit der im vorhinein eingestellten Geschwindigkeit  $\Delta_0$  verglichen. Der Servomotor 7 wird dann so gesteuert, dass die Differenz zwischen den Geschwindigkeiten  $\Delta I$  und  $\Delta_0$  abnimmt.

Hierdurch wird erreicht, dass das Schleifwerkzeug



4a das Werkstück W mit einer konstanten Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta o$  schleift, das eine Eigen- bzw. Restmaterialentfernung  $g$  hat.

Bei diesem konstanten Schleifvorgang wächst der Innendurchmesser des Werkstücks auf einen Wert an, der einem im vorhinein festgelegten Wert  $P_1$  entspricht, welcher als Schmidt-Trigger-niveau in der Schmidt-Triggerschaltung 16 vorbestimmt ist. An diesem Punkt wird die Zufuhr der Signale von dem Differentialverstärker 12 zu dem Servosteuermechanismus 15 unterbrochen, so dass eine Umschaltung erfolgt, um einen Endvorschubsantrieb bzw. einen Feinschleifantrieb an dem Servomotor 7 zu bewirken, bei dem der Vorschubschlitten 6 mit einer sehr geringen Geschwindigkeit verschoben wird, um ein Nachschleifen durchzuführen. Kurz vor  $P_2$  empfängt der Servosteuermechanismus 15 ein Anhaltesignal von einem Detektor, der die Lage des Vorschubschlittens 6 bestimmt und in Figur 1 nicht dargestellt ist, um ein Ausfeuern zu bewirken. Sobald

der Detektor 8 die Grösse  $P_2$  ermittelt, dh. an dem Augenblick, an dem der Innendurchmesser seine endgültige Grösse aufweist, wird die Drehrichtung des Servomotors 7 umgekehrt, so dass der Vorschubschlitten 6 zurückgeführt und ein Schleifzyklus beendet wird.

Das Schleifverhalten des Schleifwerkzeugs 4a wird mit der Durchführung von aufeinander folgenden Schleifzyklen allmählich verschlechtert, bei denen jeweils ein Vorschub erfolgt, bei welchen  $\Delta I$  gleich  $\Delta o$  gehalten wird. Hierdurch wird die Schleifkraft erhöht und der Stromverbrauch für die Schleifspindel erreicht einen Wert  $F_o$ . Von der Vergleichsschaltung 19 wird ein Schaltsignal  $F_o$  dem Auswahl Schaltkreis 13 zugeführt, so dass eine Umschaltung von  $\Delta o$  auf  $\Delta o - \delta o$ , dh. einen Wert stattfindet, der etwas kleiner ist als  $\Delta o$ . Dies wird zu dem Differentialverstärker 12 übertragen. Der Differentialverstärker 12 vergleicht die tatsächliche Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta I$  mit der zweiten im vorhinein festgesetzten Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta o - \delta o$ , wobei der Servomechanismus 15 so gesteuert wird, dass die Drehzahl des Servomotors abnimmt. Hierdurch wird erreicht, dass die Vorschubgeschwindigkeit des Vorschubschlittens 6 abnimmt, was

mit einer Abnahme der Materialentfernungsgeschwindigkeit von  $\Delta I$  auf  $\Delta_0 - \delta_0$  einhergeht.

Dies bedeutet eine Durchführung des Schleifvorgangs mit einer Vorschubgeschwindigkeit zur Steuerung des Vorschubschlittens 6, bei der die Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta I$  auf  $\Delta_0 - \delta_0$  entsprechend der Verschlechterung der Schärfe des Schleifwerkzeugs oder des Schleifvermögens herabgesetzt wird. Hierdurch wird die Schleifkraft kleiner als  $F_0$  gehalten und die Materialentfernungskurve von Figur 2 verschiebt sich nach unten.

Wenn der Schleifkopf weiter stumpfer wird, so dass die Schleifkraft abermals den Wert  $F_0$  bei der Materialentfernungssteuerung von " $\Delta I = \Delta_0 - \delta_0$ " erreicht, bevor der Detektor 8 ein Ausgangssignal von  $P_1$  liefert, erzeugt die Vergleichsschaltung 19 abermals ein Ausgangssignal von  $F_0$  und sendet dieses zu dem Auswahl Schaltkreis 13, so dass dieser in die nächste Stufe umgeschaltet wird, bei der ein erster von der Einstelleinrichtung 14 im vorhinein eingestellter Wert  $\Delta_0 - 2\delta_0$  zu dem Differentialverstärker 12 über den Auswahl Schaltkreis 13 geleitet wird. Die tatsächliche Materialentfernungsgeschwindigkeit  $\Delta I$  wird daher in diesem Fall so gesteuert, dass sie gleich  $\Delta_0 - 2\delta_0$  wird. Nach dieser Steuerung der Materialentfernungsgeschwindigkeit wird von dem Detektor 8 ein Ausgangssignal  $P_1$  geliefert, wonach der anschliessende Schleifvorgang in derselben Weise wie vorstehend erwähnt abläuft.

Wenn die Schleifkraft abermals  $F_0$  bei einer Materialentfernungssteuerung von " $\Delta I = \Delta_0 - 2\delta_0$ " erreicht, bevor der Detektor 8 ein Ausgangssignal  $P_1$  liefert, erfolgt eine Nachbearbeitung, während der Schleifzyklus angehalten wird.

Bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird eine konstante Materialentfernung aufrecht erhalten, so dass man ein ausgezeichnetes Schleifverhalten erhält, ohne dass eine zu grosse Belastung wirkt oder ohne dass die Werkstückoberfläche abgerieben wird, so dass man eine hervorragende Zylindrizität und Ober-

flächenrauigkeit an den Werkstücken erhält. Eine Nachbearbeitung wird nur dann nötig, wenn das Schleifverhalten des Schleifwerkzeugs herabgesetzt ist und die Schleifkraft über einen vorbestimmten Grenzwert ansteigt. Dies führt zu einer grösseren Lebensdauer der Schleifscheibe, einem höheren Wirkungsgrad bei den einzelnen Zyklen des Schleifbetriebs.

Im folgenden soll eine zweite Ausführungsform der Erfindung beschrieben werden, die in den Figuren 3 und 4 dargestellt ist. Bei dieser Ausführungsform erfolgt eine Steuerung der Materialentfernungsgeschwindigkeit für den Feinschleifverfahrensschritt, während eine konstante Vorschubgeschwindigkeit für den Grobschleifverfahrensschritt angewendet wird, der vor dem Feinschleifen stattfindet. Eine Grobschleifvorschubgeschwindigkeits-Einstelleinrichtung 31 legt im vorhinein einen Wert fest, wobei bei einem Schleifen bei diesem Wert die Oberfläche der Werkstücke relativ rauh ist, bei dem jedoch ein hoher Wirkungsgrad für den Schleifvorgang und eine gute Zylindrizität erhalten werden. Der von der Einstellvorrichtung 31 im vorhinein festgelegte Wert wird einem Auswahl Schaltkreis 32 zugeführt, um den Servomotor 7 über den Servosteuermechanismus 15 zu steuern.

Mit dem Bezugszeichen 33 ist eine Einstellvorrichtung für die Geschwindigkeit der Materialentfernung in dem Feinschleifverfahrensschritt bezeichnet. Die Einstellvorrichtung 33 besteht aus einem Impulsgenerator 33a, einem Impulsmotor 33b, der von dem Impulsgenerator 33a angetrieben wird, und einem Potentiometer 33c, das von dem Impulsmotor 33b gedreht bzw. verstellt wird. Das Potentiometer 33c erzeugt ein Ausgangssignal, das linear mit der Drehung des Impulsmotors ansteigt, zwecks Steuerung der Materialentfernungsgeschwindigkeit beim Feinschleifen.

Das von dem Detektor 8 ermittelte Signal, welches den Durchmesser des Werkstücks anzeigt, wird über einen Verstärker 34 einer Operationsschaltung 35 gemeinsam mit dem Ausgangssignal des Potentiometers 33c zugeführt. Die Operationsschaltung 35 erzeugt ein Ausgangssignal, das der Differenz ihrer beiden Eingangs-

signale proportional ist, dh. der Differenz zwischen dem Signal des Potentiometers 33c und dem Signal des Verstärkers 34. Dieses Ausgangssignal der Operationsschaltung 35 wird über einen Verstärker 36 dem Auswahl Schaltkreis 32 zugeführt.

Das Ausgangssignal des Detektors wird über den Verstärker 34 einer Vergleichsschaltung 37 zugeführt. Die Vergleichsschaltung 37 empfängt des weiteren im vorhinein festgelegte Signale  $P_3$  und  $P_4$ , die von einer Stufeneinstelleinrichtung 38 geliefert werden.  $P_3$  entspricht dem Umschalt punkt von dem Verfahrensschritt des Grobschleifens zu dem Verfahrensschritt des Feinschleifens.  $P_4$  entspricht der Endgrösse der Werkstücke. Wenn die Vergleichsschaltung 37 feststellt, dass das Eingangssignal vom Detektor 8 mit dem von der Stufeneinstelleinrichtung 38 gelieferten Signal  $P_3$  oder  $P_4$  zusammenfällt, erzeugt sie ein Ausgangssignal, das den Auswahl Schaltkreis 32 aufeinanderfolgend verstellt.

Beim Betrieb dieser Ausführungsform wird der Vorschubschlitten zunächst von dem Servomotor 7 rasch vorwärtsbewegt, bis das Schleifwerkzeug nahe an das Werkstück herangerät. An diesem Punkt wird der Auswahl Schaltkreis 32 umgeschaltet, so dass der von der Einstellvorrichtung 31 im vorhinein festgelegte Wert dem Servosteuermechanismus 15 zugeführt wird. Der Servomotor 7 treibt daher den Vorschubschlitten, wie in Figur 4 dargestellt, mit einer Grobschleifgeschwindigkeit an.

Wenn der Schleifvorgang nach Durchführung eines Grobschleifens und vor einem Feinschleifen am Punkt  $P_3$  von Figur 4 ankommt, fällt das Ausgangssignal des Detektors 8 mit dem Signal  $P_3$  der Stufeneinstelleinrichtung 38 zusammen, was von der Vergleichsschaltung 37 ermittelt wird, die darauf ein Koinzidenzsignal erzeugt. Dieses Koinzidenzsignal bewirkt eine Umschaltung des Auswahl Schaltkreises 32, so dass das Signal der Grobschleif-Vorschubgeschwindigkeits-Einstellvorrichtung 31 abgeschaltet wird und das Ausgangssignal der Operationsschaltung 35 dem Servosteuermechanismus 15 zugeführt wird.

Am Punkt  $P_3$  von Figur 3 beginnt der Impulsgenerator 33a, seine Impulse dem Impulsmotor 33b zuzuführen, wodurch das Ausgangssignal des Potentiometers 33c linear ansteigt. Der Differenzwert von dem Ausgangssignal des Detektors 8 und dem ansteigenden Ausgangssignal des Potentiometers 33c wird von der Operationsschaltung 35 berechnet und dem Servosteuermechanismus 15 über den Auswahl Schaltkreis 32 zugeführt. Der Servomotor wird hierdurch mit einer Geschwindigkeit angetrieben, dass die Materialentfernung dem Ausgangssignal des Potentiometers entspricht, so dass ein Feinschleifvorgang durchgeführt wird.

Wenn der Durchmesser des Werkstücks den Endwert erreicht, ermittelt die Vergleichsschaltung 37 ein Zusammenfallen des Ausgangssignals des Detektors 8 und des von der Stufeneinstelleinrichtung 38 ausgesandten Signals  $P_4$ . Es wird somit ein Koinzidenzsignal erzeugt, das den Auswahl Schaltkreis 32 umschaltet, wodurch das Ausgangssignal der Operationsschaltung 35 abgeschaltet bzw. unterbrochen wird. Als Folge hiervon bewirkt der Servosteuermechanismus 15, dass der Servomotor 7 einen Schnellrücklauf durchführt.

Im folgenden soll eine dritte Ausführungsform der Erfindung erläutert werden, die in den Figuren 5 und 6 dargestellt ist. Diese Ausführungsform enthält für das Grobschleifen eine Restmaterialentfernungssteuerung, für das Fertig-bzw. Nachschleifen eine Vorschubgeschwindigkeits-Werkstückdrehzahlsteuerung und für das vor dem Nachschleifen stattfindende Feinschleifen eine Materialentfernungs-Geschwindigkeitssteuerung. Die mit den Bezugszeichen 6, 7, 8, 15, 33, 35 und 36 in Figur 5 bezeichneten Teile entsprechen den mit den gleichen Bezugszeichen belegten Teilen bei den Ausführungsformen der Figuren 1 oder 3.

Mit dem Bezugszeichen 41 ist eine Werkstückspindel bezeichnet, die ein Werkstück haltet. Die Werkstückspindel 41 wird von einem Gleichstrommotor 42 angetrieben, der von einer Antriebseinrichtung 43 gesteuert wird.

Der Servosteuermechanismus 15 und die Antriebseinrichtung 43 sind mit den Ausgangsanschlüssen eines Auswahl Schaltkreises 44 verbunden.

Ein Lagendetektor 45 ermittelt die Vorschublage von dem Vorschubschlitten, der das auf ihm befestigte zu schleifende Werkstück relativ zu einer Schleifscheibe verschiebt.

Die Ausgangssignale des Lagendetektors 45 und des Detektors 8 werden von einer ersten Operationsschaltung 46 empfangen. Die Differenz zwischen dem tatsächlichen Vorschubsignal, das von dem Lagendetektor 45 geliefert wird, und dem Materialentfernungssignal, das von dem Detektor 8 geliefert wird, dh. die Restmaterialentfernung, wird berechnet und einer zweiten Operationsschaltung 47 zugeführt. Die zweite Operationsschaltung 47 empfängt des weiteren ein im vorhinein eingestelltes Signal von einer Standard-Restmaterialentfernungs-Einstellvorrichtung 48, so dass die Differenz zwischen der tatsächlichen Restmaterialentfernung und dem im vorhinein eingestellten Signal berechnet wird. Das berechnete Ausgangssignal der zweiten Operationsschaltung 47 wird dem Auswahl Schaltkreis 44 über einen Verstärker 49 zugeleitet. Dieses berechnete Ausgangssignal wird für die Antriebseinrichtung 43 verwendet, um den Servomotor 7 so zu steuern, dass der Vorschubschlitten mit einer konstanten Restmaterialentfernung  $g$  (wie in Figur 6 gezeigt) während des Grobschleifvorganges vorgeschoben wird.

Das Ausgangssignal des Detektors 8 wird ferner einer Vergleichsschaltung 50 zugeführt, welche des weiteren drei Arten von Standard-Werkstückdurchmesserwerten empfängt, von denen  $P_6$  dem Änderungspunkt entspricht, an dem von einem Grobschleifen zu einem Feinschleifen übergegangen wird,  $P_7$  dem Änderungspunkt entspricht, an dem von einem Feinschleifen zu einem Fertig- bzw. Nachschleifen übergegangen wird, und  $P_8$  dem Punkt entspricht, an dem der Schleifvorgang beendet wird. Diese Werte werden in einer Einstelleinrichtung 51 im vorhinein festgelegt. Die Vergleichsschaltung 50 liefert ein Ausgangssignal an den Auswahl-

schaltkreis 44, wenn das dem Werkstückdurchmesser entsprechende Signal, das von dem Detektor 8 geliefert wird, mit einem der Standard-Werkstückdurchmesserwerte  $P_6$ ,  $P_7$  oder  $P_8$  zusammenfällt, wodurch der Auswahl-Schaltkreis 44 in einen anderen Zustand weitergeschaltet wird.

Der Auswahl-Schaltkreis 44 empfängt des weiteren das berechnete Ausgangssignal der dritten Operationsschaltung 35 über den Verstärker 36 sowie zwei im vorhinein eingestellte Werte, von denen einer der Vorschubgeschwindigkeit  $V_F$  des Vorschubschlittens 6 während des Nachschleifens entspricht und der andere der Werkstückspindelumdrehungszahl  $N_W$  entspricht, die an einer Nachschleifzustands-Einstelleinrichtung 52 eingestellt werden. Diese Vorschubgeschwindigkeit ist im Vergleich zu derjenigen beim Feinschleifen sehr klein. Das Verhältnis dieser Vorschubgeschwindigkeit zur Werkstückspindeldrehzahl eignet sich, um an dem Werkstück eine überlegene Oberflächenrauigkeit zu erhalten. Die im vorhinein festgelegten Werte für  $V_F$  und für  $N_W$  werden dem Servosteuermechanismus 15 bzw. der Antriebseinrichtung 43 zugeführt, so dass der Vorschubschlitten 6 und die Werkstückspindel 41 gesteuert werden.

Beim Betrieb dieser dritten Ausführungsform erfolgt eine Umschaltung der Vorschubgeschwindigkeit des Vorschubschlittens 6 bei einem Übergang an Punkt  $P_5$  vom Schnellvorschub zu einem Grobschleifen, wie dies in Figur 6 dargestellt ist, so dass der Auswahlschaltkreis 44 Signale für das Grobschleifen, dh. das Ausgangssignal, das die Differenz des Restmaterialentfernungswertes von dem Standardwert wiedergibt, von dem Ausgangsanschluss des Verstärkers 49 zu dem Servosteuermechanismus 15 überträgt. Der Servomotor 7 treibt somit den Vorschubschlitten 6 an, wobei er eine konstante Restmaterialentfernung  $g$  beibehält, bei der die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks eher schlechter wird, bei der jedoch eine Materialentfernung mit hohem Wirkungsgrad bei guter Zylindrizität und Rundheit durchgeführt wird.

Nach Durchführung des Grobschleifverfahrensschrittes erreicht der Werkstückdurchmesser den nächsten Umschaltpunkt  $P_6$ , an dem das Ausgangssignal des Detektors 8 mit dem im vorhinein festgelegten Wert  $P_6$  übereinstimmt. Dieses Koinzidenzsignal von der Vergleichsschaltung 50 ändert den Zustand des Auswahl Schaltkreises 44, so dass das Ausgangssignal des Verstärkers 49 abgeschnitten bzw. unterbrochen wird und andererseits das Ausgangssignal der dritten Operationsschaltung 35 dem Servosteuermechanismus 15 zugeführt wird. An diesem in Figur 6 mit  $P_6$  bezeichneten Punkt wird die Einstellvorrichtung 33 für die Geschwindigkeit der Materialentfernung erregt, wie dies bei der zweiten Ausführungsform am Punkt  $P_3$  erfolgte. Der Servomotor 7 treibt daher den Vorschubschlitten 6 längs einer vorbestimmten Materialentfernungslinie von Figur 6 an, wobei die Schleifscheibe ein Feinschleifen des Werkstücks vornimmt.

Wenn der Werkstückdurchmesser, wie in Figur 6 dargestellt, bei  $P_7$  ankommt, fällt das Ausgangssignal des Detektors 8 mit dem im vorhinein festgelegten Wert  $P_7$  zusammen. Dieses Koinzidenzsignal, das von der Vergleichsschaltung 50 geliefert wird, schaltet den Auswahl-Schaltkreis 44 um, so dass das Ausgangssignal der dritten Operationsschaltung 35 abgeschaltet bzw. unterbrochen wird und die beiden im vorhinein festgelegten Werte der Nachschleifzustands-Einstellvorrichtung 52 dem Servosteuermechanismus 15 bzw. der Antriebseinrichtung 43 zugeführt werden. Der Servomotor 7 treibt daher den Vorschubschlitten 6 mit einer Vorschubgeschwindigkeit  $V_F$  an, während der Gleichstrommotor 42 die Werkstückspindel 41 mit einer Drehzahl  $N_W$  in Umdrehung setzt. Hierdurch wird erreicht, dass die Schleifscheibe ein Fertig- bzw. Nachschleifen des Werkstücks mit einer sehr kleinen Vorschubgeschwindigkeit  $V_F$  durchführt.

Wenn der Werkstückdurchmesser bei  $P_8$  ankommt, fällt das Ausgangssignal des Detektors 8 mit dem festgelegten Wert  $P_8$  zusammen. Dieses von der Vergleichsschaltung 50 gelieferte Koinzidenzsignal schaltet den Auswahl-Schaltkreis 44 um, so dass die Eingangssignale von der Nachschleifzustands-Einstellvorrichtung 52



abgeschaltet bzw. unterbrochen werden, während die Drehrichtung des Servomotors 15 umgekehrt wird, so dass der Vorschubschlitten 6 eine Schnellrückführung durchführt und die Arbeitsspindelumdrehungszahl auf den Wert zurückgeführt wird, den sie vorher einnahm.

Vorzugsweise wird bei den beschriebenen Ausführungsformen zur Vermeidung eines Ratterns bzw. Schlagens während des Schleifens das Gerät mit einer Einrichtung versehen, welche der Werkstückspindel beim Feinschleifen oder Nachschleifen eine Zufallsverteilung in der Geschwindigkeit erteilt.

Patentansprüche

1. Schleifverfahren, gekennzeichnet durch eine Geschwindigkeitssteuerung für die Materialentfernung, bei der die Materialentfernung von einem Werkstück konstant oder intermittierend während eines Schleifvorganges gemessen und mit vorbestimmten Programmwerten der Materialentfernung verglichen wird, wobei die Differenz zwischen der tatsächlichen Materialentfernung und einem Programmwert den Vorschub des Werkzeuges gegenüber dem Schleifwerkzeug bewegenden Vorschubschlittens derart steuert, dass der Differenzbetrag zum Verschwinden gebracht wird.
2. Schleifverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Tangential-Schleifkraft ermittelt und in ein Signal umgeformt wird, das dem Programmwert der Materialentfernung auf einen anderen niedrigeren Programmwert umschaltet, wenn der Wert dieses Signals einen vorbestimmten Wert überschreitet.
3. Schleifverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Tangential-Schleifkraft über den elektrischen Stromverbrauch des Spindelmotors festgestellt wird, der das Schleifwerkzeug in Umdrehung setzt.
4. Schleifverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung beim Feinschleifen erfolgt, das neben einem Grobschleifen durchgeführt wird.
5. Schleifverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Grobschleifen mit einer Restmaterialentfernungssteuerung durchgeführt wird, wobei die Differenz zwischen dem tatsächlichen Vorschub des Vorschubschlittens und der tatsächlichen Materialentfernung ab einem vorbestimmten Wert geregelt wird.

6. Schleifverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Feinschleifen ein Nachschleifen durchgeführt wird, wobei dieses Nachschleifen derart gesteuert wird, dass das Verhältnis der Vorschubgeschwindigkeit von dem Vorschubschlitten zu der Umdrehungszahl der Arbeitsspindel konstantgehalten wird.

7. Schleifmaschine, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Servomotor (7) zum Antrieb eines Vorschubschlittens (6), der ein Schleifwerkzeug relativ zu einem Werkstück (W) verschiebt, durch einen Servo-Steuermechanismus (15) für den Servomotor (7), durch einen Detektor (8), der den Werkstückdurchmesser während des Schleifvorganges misst, durch einen Taktimpulsgenerator (11), durch eine Operations-Schaltung (9), welche die Geschwindigkeit, mit der die Materialentfernung von dem Werkstück stattfindet, aus den Durchmesserwerten bestimmt, von denen einer von dem Detektor (8) zu einem ersten Taktimpuls des Taktimpulsgenerators (11) bestimmt wird und der andere zu einem zweiten, durch eine Einstelleinrichtung (14), welche dazu dient, Geschwindigkeitswerte für die Materialentfernung im vorhinein festzusetzen, und durch einen Differentialverstärker (12), der ein Steuersignal für den Servo-Steuermechanismus (15) aus einem Geschwindigkeitswert der Materialentfernung der Einstellvorrichtung (14) und der tatsächlichen Materialentfernungsgeschwindigkeit herstellt, die von der Operationsschaltung (9) proportional zur Differenz dieser Geschwindigkeiten gebildet ist.

8. Schleifmaschine nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch einen Stromverbrauchdetektor (17) für einen Schleifscheibenspindelmotor, welcher ein das Werkstück schleifendes Werkzeug antreibt, durch eine Stromverbrauchswerte-Einstelleinrichtung (18), welche dazu dient, im vorhinein Stromverbrauchswerte einzustellen, und durch eine Vergleichsschaltung (19), welche Ausgangssignale liefert, wenn der ermittelte Wert für den Stromverbrauch mit einem der im vorhinein festgesetzten Werte übereinstimmt, wobei die Ausgangssignale eine Auswahl treffen, so dass ein im vorhinein festgelegter Geschwindigkeitswert für die

Materialentfernung dem Differentialverstärker (12) zugeführt wird.

9. Schleifmaschine, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch einen Servomotor (7) zum Antrieb eines Vorschubschlittens (6), welcher ein Werkstück relativ zu einem Schleifwerkzeug verschiebt, durch einen Servo-Steuermechanismus (15) für den Servomotor (7), durch einen Detektor (8), der den Werkstückdurchmesser während des Schleifvorganges feststellt, durch einen Funktionsgenerator, der eine Standard-Materialentfernungsfunktionskurve entsprechend einem Schleifverfahren erzeugt, und durch einen Differentialverstärker, der ein Steuersignal für den Servo-Steuermechanismus (15) aus den tatsächlichen Durchmesserwerten des Werkstücks und dem entsprechenden Wert der Funktionskurve erzeugt.

10. Schleifmaschine nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Einstelleinrichtung, welche es ermöglicht, Werte für den Durchmesser des Werkstücks im vorhinein einzustellen, um den Steuerbetrieb des Schleifvorschubs zu ändern, und durch eine Vergleichsschaltung zur Erzeugung von Ausgangssignalen, wenn der ermittelte Werkstückdurchmesser mit einem der im vorhinein festgesetzten Werte übereinstimmt, wobei die Ausgangssignale eine der Schleifvorschubsteuerbetriebsarten einschliesslich der Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung in dem Servo-Steuermechanismus (15) auswählen.

11. Schleifmaschine nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen Lagendetektor (45), der die Vorschubposition des Vorschubschlittens (6) feststellt, durch eine erste Operationsschaltung (46) zur Erzielung einer Restmaterialentfernung, welche die von dem Grössendetektor ermittelte Materialentfernung von dem Werkstück von der Vorschubstrecke für das tatsächliche Schleifen subtrahiert, die von dem Lagendetektor (45) ermittelt ist, durch eine Standard-Restmaterialentfernungseinstellvorrichtung (48), welche Standard-Restmaterialentfernungen für ein Grobschleifen vorgibt, und durch eine zweite Operationsschaltung (47), welche Ausgangssignale erzeugt, die der

Differenz zwischen der von der ersten Operationsschaltung (46) erhaltenen tatsächlichen Restmaterialentfernung und dem von der Einstellvorrichtung (48) vorgegebenen Standardwert entspricht, wobei diese Ausgangssignale von der zweiten Operationsschaltung für ein Grobschleifen ausgewählt werden, um zu dem Servo-Steuermechanismus zu gelangen, und wobei eine Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung für das Feinschleifen verwendet wird, nachdem ein vorbestimmter Werkstückdurchmesser ermittelt ist, um auf ein Feinschleifen umzuschalten.

12. Schleifmaschine nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch eine Nachschleifzustands-Einstellvorrichtung (52), welche die Vorschubgeschwindigkeit ( $V_F$ ) des Vorschubschlittens (6) und die Umdrehungszahl ( $N_W$ ) des Werkstücks geeignet für ein hervorragendes Nachschleifen der Oberfläche vorgibt, und durch eine Motordrehzahlregelung, welche die Drehzahl des Werkstückspindelmotors ändert, wobei die an der Nachschleifzustands-Einstellvorrichtung (52) vorgegebenen Werte für das Nachschleifen so ausgewählt werden, dass sie nach Ermittlung eines vorbestimmten Werkstückdurchmessers dem Servo-Steuermechanismus und der Motordrehzahlregelung zugeführt werden, während die Geschwindigkeitssteuerung der Materialentfernung für das Feinschleifen verwendet wird.

**21**  
Leerseite

FIG. 2

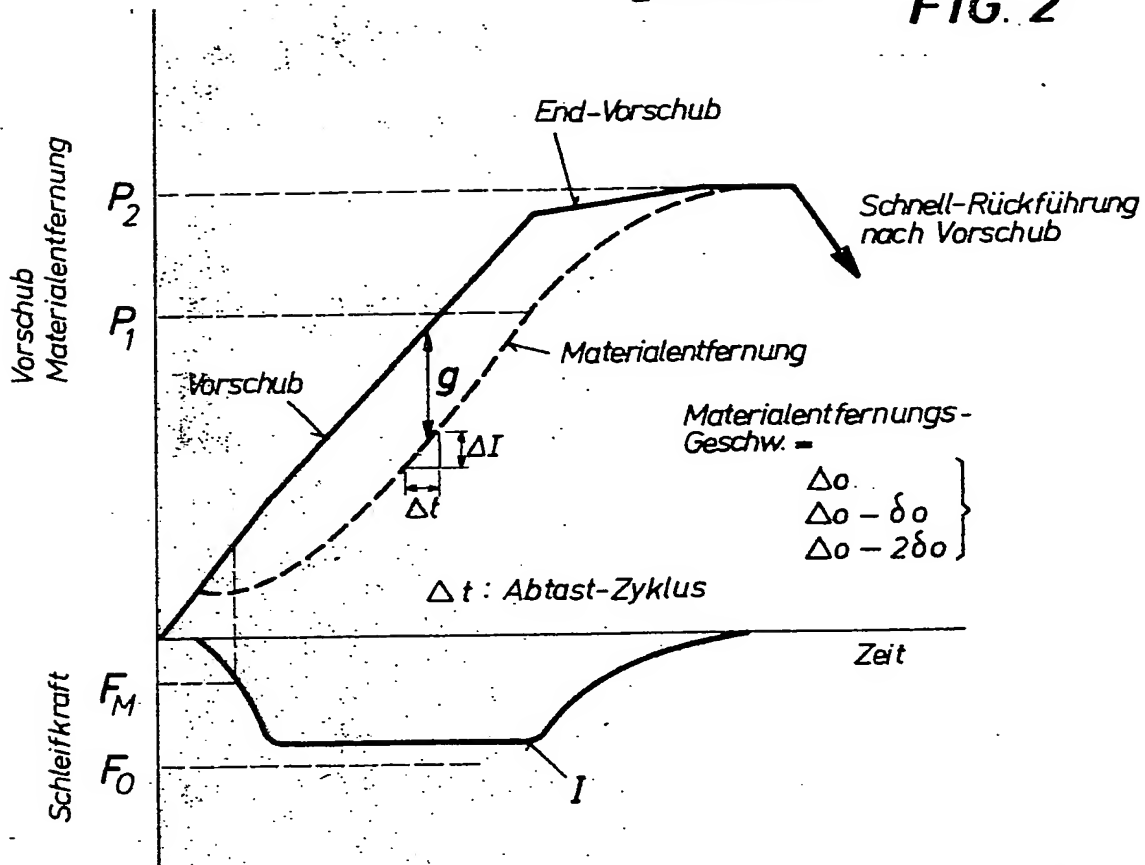


FIG. 3

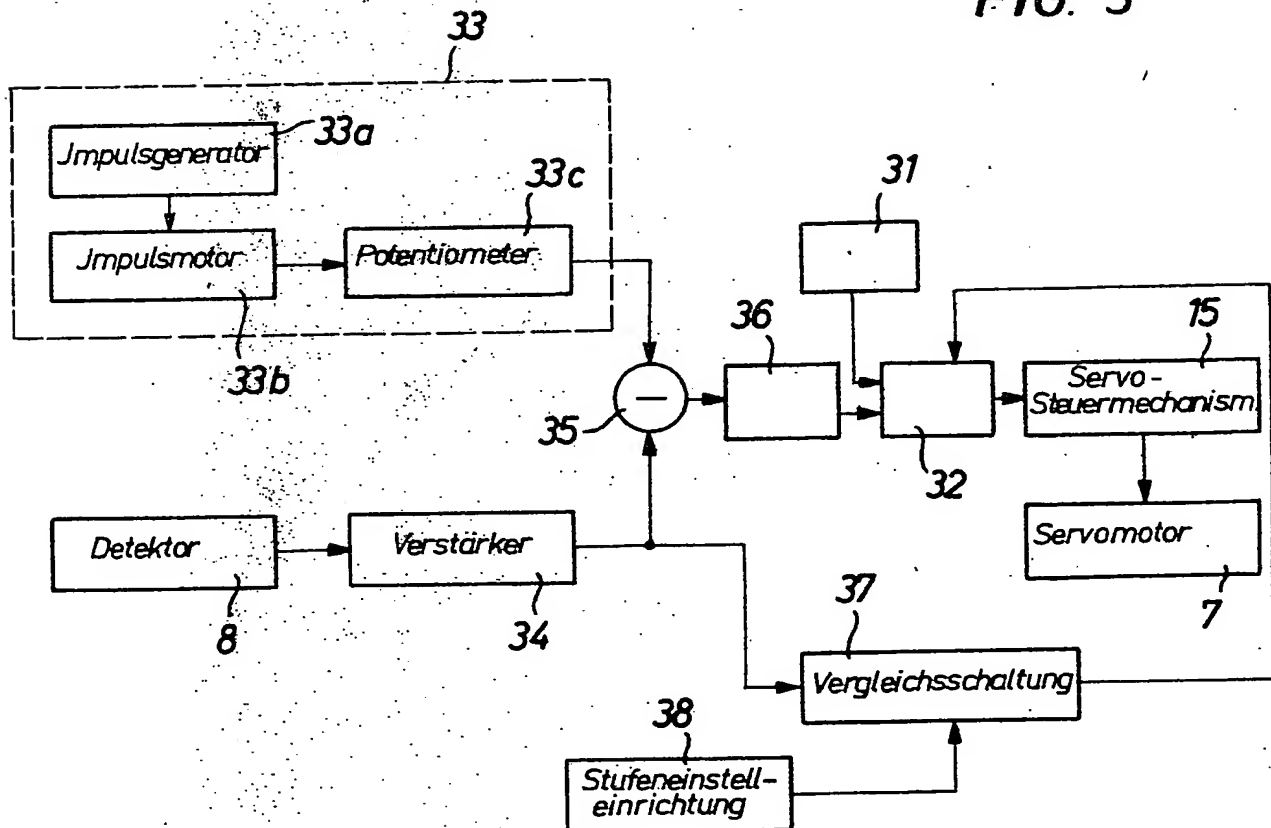


FIG. 4

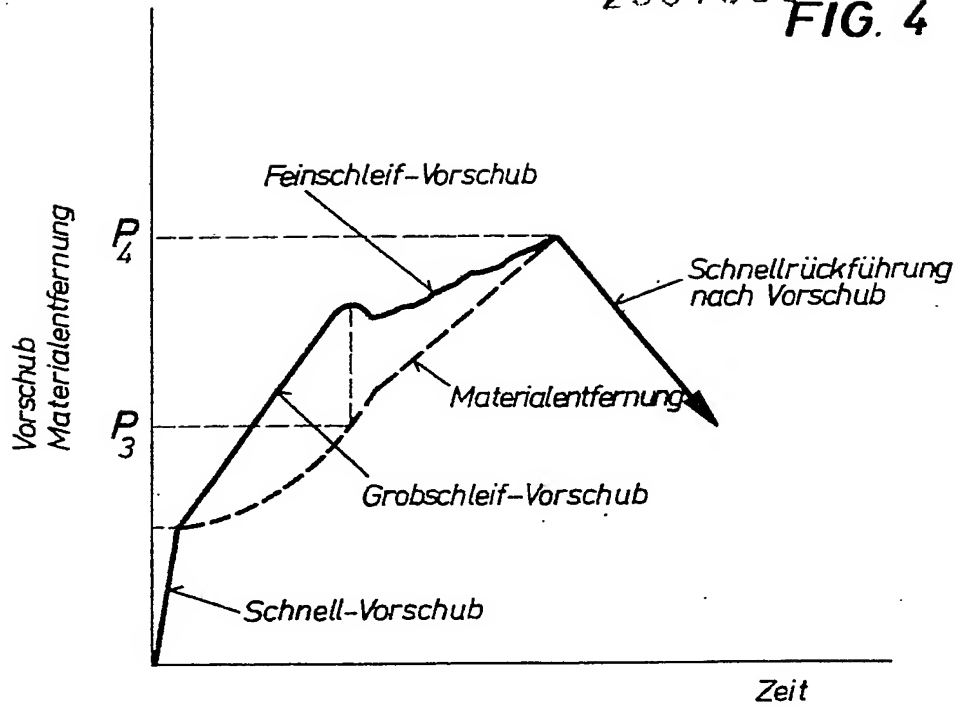
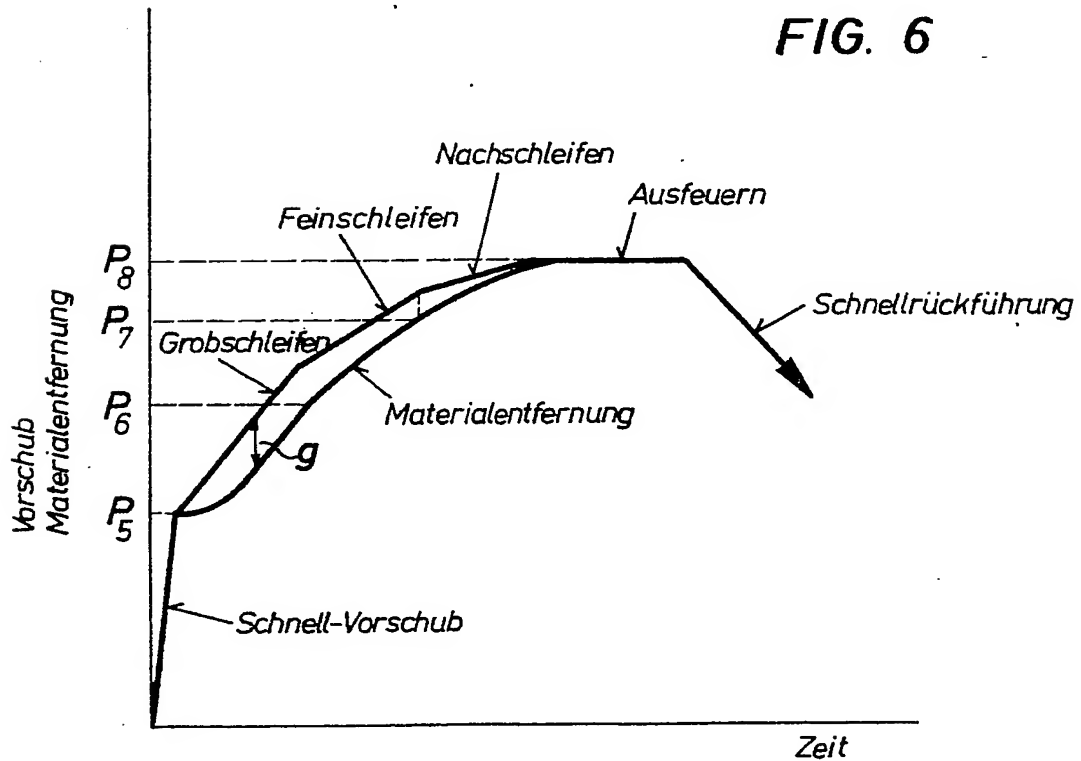


FIG. 6





2537630

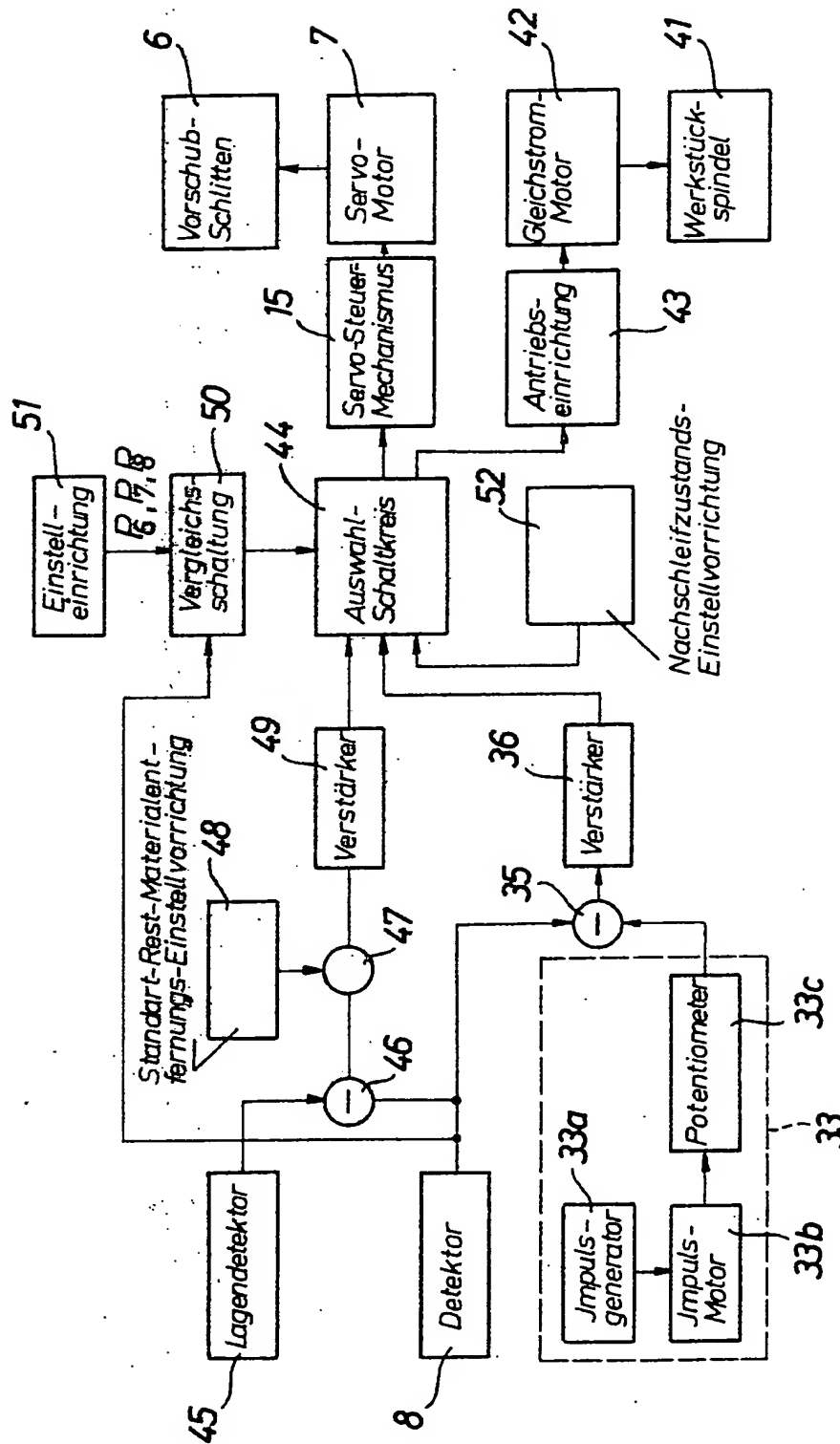


FIG. 5

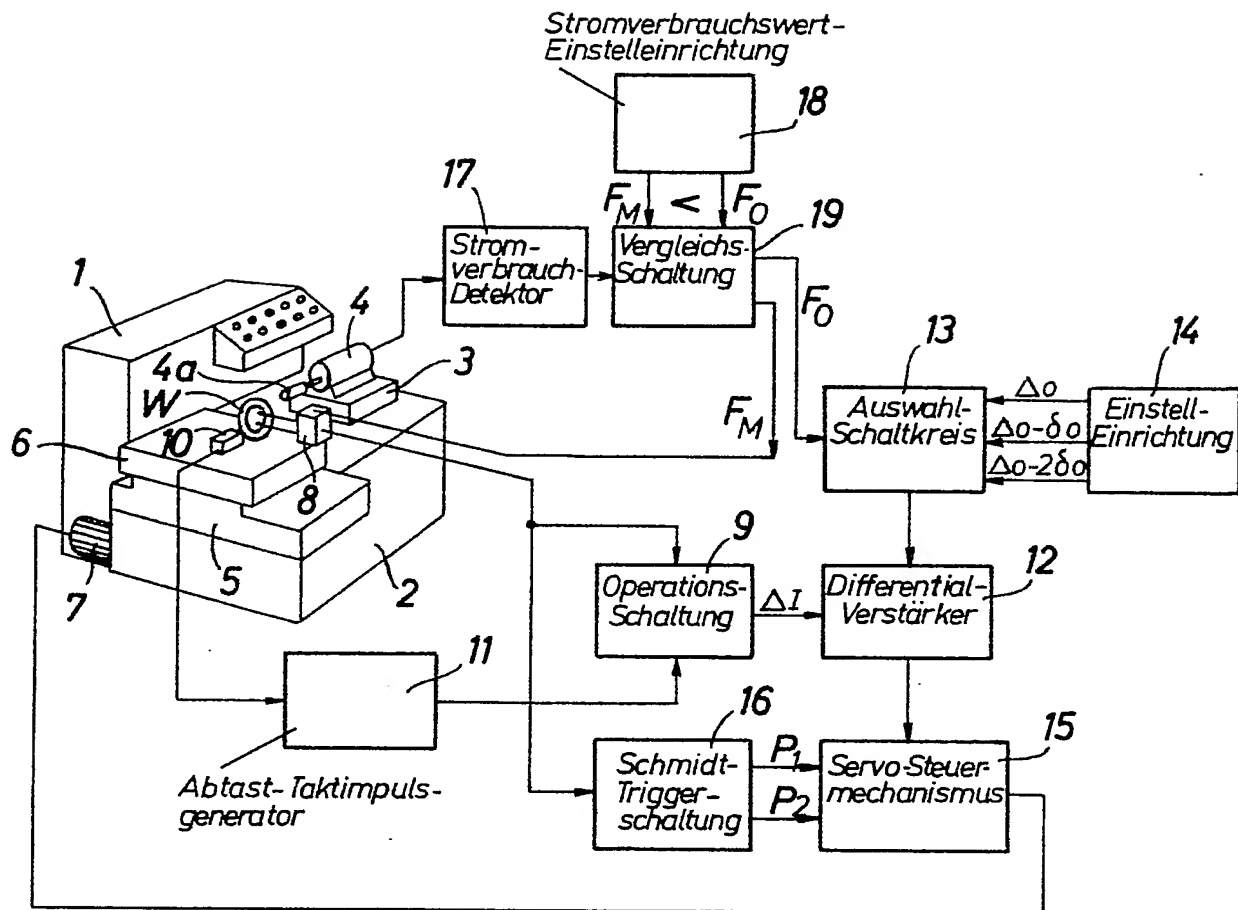


FIG. 1